

УДК 524.338.3—355—56

Спектральные наблюдения СН Лебеда.**III. Спектр поглощения оболочки в 1981—1982 гг.****М. Г. Родригес**

Приводится описание появившегося у СН Лебеда в 1979 г. линейчатого спектра поглощения. Из анализа спектра по наблюдениям 1981—1982 гг. получены параметры для области оболочки, в которой он формируется,— температура возбуждения, микротурбулентная скорость, электронная концентрация, эффективная толщина области образования спектра. Сравнение с атмосферами нормальных звезд показывает, что условия в рассматриваемой области оболочки соответствуют атмосфере сверхгиганта B9—A1 Ia.

SPECTRAL OBSERVATIONS OF CN CYGNI. III. SHELL ABSORPTION SPECTRUM IN 1981 AND 1982, by Rodriguez M. H.—Line absorption spectrum that appeared in CN Cyg in 1979 is described. Some parameters for the region of the shell where the spectrum is formed have been obtained for two observational seasons of 1981 and 1982: excitation temperature, microturbulent velocity, electron density, and the effective height of the absorption spectrum formation region. Comparison with the atmospheres of normal stars shows that the conditions in this region correspond to the atmosphere of a B9—A1 Ia supergiant.

В работах [2, 3] описан эмиссионный спектр СН Лебеда, наблюдавшийся во время последней вспышки, которая началась в 1977 г., представлен также наблюдательный материал [2]. В настоящей статье изложены результаты изучения линейчатого спектра поглощения.

Первое время после начала активной фазы в спектре СН Лебеда на наших спектрограммах (дисперсия $86 \cdot 10^{-7}$) в поглощении наблюдались лишь заметно ослабленные полосы TiO, фотосферные линии H и K Ca II и Ca I λ 422.7 нм. Весь остальной спектр поглощения фотосферы был замат интенсивным голубым континуумом. У наиболее интенсивных эмиссионных линий, в том числе у H и K Ca II и у высоких членов серии Бальмера, были видны слабые длинноволновые абсорбционные компоненты, принадлежащие околосредней оболочке. Кроме того, наблюдались линии D_1 и D_2 Na I, также, по-видимому, образующиеся в оболочке.

Первые следы линий поглощения ионизованных металлов обнаружены на наших спектрограммах в середине мая 1979 г. В области длин волн 330—345 нм появились слабые линии Ti II (мультиплеты 1 и 16) и Sr II (мультиплеты 3 и 4). К концу периода наблюдений в 1979 г. интенсивность этих линий несколько возросла. Когда наблюдения звезды возобновились в 1981 г., линейчатый спектр поглощения в УФ-области был уже достаточно интенсивным для проведения количественного анализа и определения физических условий в прилегающей к фотосфере звезды внутренней области оболочки, в которой формируется этот спектр [5]. Наиболее сильны в спектре линии Ti II, имеются линии Sr II, V II, Sc II, Mn II. Прежде всего отмечается отсутствие линий поглощения железа. Эмиссионные линии Fe II, ранее наблюдавшиеся в этой области, исчезли.

В табл. 1 приведены эквивалентные ширины измеренных линий поглощения. Длины волн — лабораторные, отождествление выполнено с помощью таблиц мультиплетов Мур [6]. Некоторые детали остались неотожествленными; для них даны приблизительные длины волн. Там,

Таблица 1. Эквивалентные ширины (в пм) линий поглощения металлов

Длина волны, нм	Отождествление	1981 г.			1982 г.			Длина волны, нм	Отождествление	1981 г.			1982 г.		
		J. D. (2 440 000+)								J. D. (2 440 000+)					
		4878—4907	5157—5159	5201—5210	4878—4907	5157—5159	5201—5210			4878—4907	5157—5159	5201—5210	4878—4907	5157—5159	5201—5210
457.197	Ti II 82	25.0	—	23.9	351.8	Неотожд.	14.4	22.2	25.0						
456.376	Ti II 50	18.1	—	25.6	351.5	»	23.8	26.3	35.1						
453.397	Ti II 50	15.7	—	24.0	351.084	Ti II 88	30.5	38.3	47.5						
450.127	Ti II 31	20.2	—	24.6	350.489	Ti II 88	35.5	40.8	51.8						
{ 448.133	Mg II 4	23.7	—	21.6	{ 349.754	Mn II 3	16.0	21.9	37.3						
.113	Mg II 4	—	—	—	.681	Mn II 3	—	—	—						
446.849	Ti II 31	16.9	—	22.4	349.583	Mn II 3	17.4	24.0	37.7						
444.380	Ti II 19	19.7	—	27.8	349.105	Ti II 6	30.0	37.6	46.5						
440.036	Sc II 14	—	—	18.8	348.868	Mn II 3	29.0	35.9	50.9						
439.503	Ti II 19	23.5	—	33.2	348.291	Mn II 3	21.4	21.2	32.2						
437.446	Sc II 14	—	—	14.1	347.718	Ti II 6	30.1	33.8	45.7						
432.501	Sc II 15	—	—	22.0	{ 347.412	Mn II 3	21.8	26.4	35.8						
432.075	Sc II 15	9.9	—	22.6	.404	Mn II 3	—	—	—						
431.498	Ti II 41	14.0	—	29.5	347.1	Неотожд.	8.9	10.7	16.3						
431.408	Sc II 15	—	—	27.6	346.9	»	13.4	—	14.3						
430.790	Ti II 41	12.2	—	18.4	346.5	»	13.6	14.5	19.0						
430.005	Ti II 41	16.5	—	20.0	346.150	Ti II 6	45.8	49.2	63.2						
429.410	Ti II 20	15.3	—	19.5	{ 345.762	Cr II 135	14.1	28.2	35.5						
429.022	Ti II 41	15.0	—	19.6	.639	Ti II 99	21.4	—	—						
424.683	Sc II 7	21.6	—	34.6	345.498	Cr II 136	10.1	—	16.6						
416.364	Ti II 105	—	—	20.6	344.431	Ti II 6	35.4	39.7	51.4						
405.381	Ti II 87	13.6	—	9.6	344.198	Mn II 3	31.0	37.1	39.6						
402.833	Ti II 87	16.0	—	12.9	343.330	Cr II 3	27.3	30.5	37.1						
391.346	Ti II 34	23.0	19.2	35.4	342.274	Cr II 3	32.9	30.5	41.4						
390.055	Ti II 34	37.8	25.9	38.5	342.120	Cr II 3	29.4	29.2	43.1						
376.132	Ti II 13	47.8	60.0	64.3	341.696	Ti II 53	11.1	17.0	20.5						
{ 375.929	Ti II 13	56.0	61.7	71.2	{ 340.877	Cr II 3	44.7	42.5	58.2						
375.768	Ti II 72	37.0	—	—	340.721	Ti II 1	—	30.1	42.5						
374.581	V II 15	10.1	17.5	22.8	{ 340.332	Cr II 3	41.0	43.1	55.2						
374.163	Ti II 72	25.6	42.0	39.8	.242	Ti II 53	—	—	—						
371.548	V II 15	18.5	26.1	27.9	339.457	Ti II 1	50.2	53.9	67.8						
370.622	Ti II 73	29.2	35.5	37.7	339.1	Неотожд.	20.0	21.7	38.0						
368.519	Ti II 14	45.2	51.2	65.1	{ 338.783	Ti II 1	48.3	53.7	63.2						
366.224	Ti II 75	15.0	21.4	31.8	.876	Ti II 53	—	—	—						
365.977	Ti II 75	21.4	25.8	31.3	{ 338.376	Ti II 1	66.5	63.7	76.5						
364.133	Ti II 52	32.9	38.0	54.1	.262	Cr II 3	—	—	—						
{ 363.172	Cr II 12	32.0	38.3	60.5	{ 338.028	Ti II 1	49.6	58.1	68.7						
.149	Cr II 12	—	—	—	{ 337.280	Ti II 1	66.9	69.5	83.7						
362.483	Ti II 52	20.4	31.7	39.7	.221	Ti II 16	—	—	—						
362.2	Неотожд.	13.0	19.6	23.6	336.805	Cr II 4	49.5	54.8	70.8						
361.9	»	13.4	19.4	26.0	336.618	Ti II 54	21.9	25.7	33.0						
361.384	Sc II 2	31.9	40.4	55.8	336.121	Ti II 1	71.4	77.7	89.7						
{ 360.380	Cr II 13	14.4	24.3	31.5	{ 335.850	Cr II 4	36.9	31.5	43.1						
.386	Cr II 13	—	—	—	335.373	Sc II 12	26.1	27.1	45.8						
.361	Cr II 13	—	—	—	{ 334.940	Ti II 1	76.0	75.1	90.4						
359.605	Ti II 15	17.7	28.7	36.2	.904	Ti II 16	—	—	—						
359.201	V II 4	14.1	20.5	29.8	.884	Ti II 7	—	—	—						
358.975	V II 4	21.9	33.4	49.8	334.7	Неотожд.	—	37.1	65.4						
{ 358.554	Cr II 13	25.2	35.5	44.8	{ 334.188	Ti II 16	64.4	67.2	81.3						
.531	Cr II 13	—	—	—	.034	Ti II 7	—	—	—						
358.093	Sc II 3	28.5	34.1	49.4	.251	Cr II 4	—	—	—						
357.634	Sc II 3	21.8	29.1	42.7	{ 333.980	Cr II 4	64.7	63.9	76.8						
357.252	Sc II 3	27.5	31.0	53.2	.990	Cr II 92	—	—	—						
356.600	Ti II 42	15.7	26.4	38.8	{ 333.519	Ti II 7	48.0	55.8	76.4						
355.680	V II 5	15.8	27.8	37.3	.546	Cr II 92	—	—	—						
354.519	V II 5	14.6	18.0	26.4	.528	Cr II 80	—	—	—						
353.541	Ti II 98	24.9	34.5	45.4	333.211	Ti II 65	37.4	37.6	49.8						
353.077	V II 5	—	—	27.2	332.946	Ti II 7	51.8	50.6	64.6						
352.471	V II 5	—	—	25.0	332.676	Ti II 7	29.7	29.9	47.7						
352.025	Ti II 98	20.2	33.6	36.8	332.435	Cr II 80	49.4	44.5	58.8						

Продолжение табл. 1

Длина волны, нм	Отождествление	1981 г.			1982 г.			Длина волны, нм	Отождествление	1981 г.			1982 г.		
		J. D. (2 440 000 +)			J. D. (2 440 000 +)					J. D. (2 440 000 +)			J. D. (2 440 000 +)		
		4878—4907	5157—5159	5201—5210	4878—4907	5157—5159	5201—5210			4878—4907	5157—5159	5201—5210	4878—4907	5157—5159	5201—5210
{ 332.294	Ti II 7	55.1	55.3	73.6	{ 324.198	Ti II 2	52.7	42.5	59.8						
{ .170	Ti II 65				{ 323.904	Ti II 2	74.5	71.8	91.5						
331.802	Ti II 7	31.0	32.4	48.2	{ .966	Ti II 24									
331.532	Ti II 65	28.0	31.7	47.8	{ 323.657	Ti II 2	61.8	60.6	81.3						
{ 331.193	Cr II 51	21.0	26.4	35.0	{ .612	Ti II 24									
{ .218	Cr II 51				{ 323.452	Ti II 2	62.6	58.6	77.0						
330.8	Неотожд.	30.4	35.2	52.3	{ 323.228	Ti II 36	46.8	54.8	72.9						
330.0	»	25.7	17.0	33.4	{ 322.940	Ti II 36	83.6	92.6	103.5						
329.543	Cr II 51	15.8	13.0	26.6	{ .919	Ti II 2									
329.175	Cr II 68	14.5	16.6	21.6	{ .861	Ti II 24									
328.766	Ti II 89	47.6	53.0	69.2	{ 322.284	Ti II 2	57.0	54.3	73.2						
328.233	Ti II 66	38.5	41.1	54.2	{ 321.706	Ti II 2	70.0	74.6	94.7						
{ 327.829	Ti II 66	67.1	69.8	89.2	{ .827	Ti II 84									
{ .892	Ti II 23				{ .744	Cr II 9									
327.612	V II 7	27.8	39.4	48.6	{ 321.414	Ti II 84	58.0	44.1	67.6						
{ .677	Ti II 45				{ 320.921	Cr II 9	50.0	14.6	53.9						
{ 327.165	Ti II 66	62.3	66.9	82.9	{ .862	Cr II 9									
{ .208	Ti II 66				{ 320.599	Ti II 26	—	24.9	21.4						
{ .112	V II 7				{ 320.254	Ti II 26	62.3	54.4	66.5						
326.771	V II 7	30.0	30.6	44.5	{ 319.712	Cr II 9	67.3	65.8	70.5						
{ 326.160	Ti II 66	46.0	38.3	52.2	{ .696	Cr II 9									
{ .160	Ti II 89				{ 319.4	Неотожд.	50.3	42.9	51.1						
325.9	Неотожд.	34.5	33.4	42.5	{ 319.087	Cr II 26	44.7	43.8	51.3						
325.291	Ti II 2	81.5	77.9	98.2	{ .069	V II 8									
324.860	Ti II 66	58.3	48.5	78.1	{ 318.852	V II 8	42.3	65.6	76.8						
324.5	Неотожд.	16.9	20.5	22.8	{ .952	Ti II 120									

Таблица 2. Эквивалентные ширины (в пм) линий поглощения водорода

Линия	1981 г.		1982 г.		Линия	1981 г.		1982 г.	
	J. D. (2 440 000+)		J. D. (2 440 000 +)			J. D. (2 440 000+)		J. D. (2 440 000 +)	
	4878—4907	5157—5159	5201—5210	4878—4907		5157—5159	5201—5210		
H ₉	62.0	—	—	H ₁₆	32.5	39.0	31.4		
H ₉	59.3	55.7	52.4	H ₁₇	41.3	37.9	36.4		
H ₁₀	61.6	58.4	54.1	H ₁₈	41.4	34.7	28.3		
H ₁₁	61.1	55.9	50.8	H ₁₉	36.6	38.3	36.0		
H ₁₂	59.1	55.6	56.5	H ₂₀	30.4	—	—		
H ₁₃	53.6	54.9	52.7	H ₂₁	27.8	24.2	25.0		
H ₁₄	56.0	59.4	55.7	H ₂₂	15.8	—	—		
H ₁₅	41.6	45.7	39.9						

где это существенно, указаны бленды, основной вкладчик приводится первым. Для 1982 г. результаты измерений для периодов J.D. 2 445 157—2 445 159 и 2 445 201—2 445 210 даются порознь, так как интенсивности линий всех наблюдавшихся элементов в эти два периода заметно различаются. Эквивалентные ширины линий водорода (табл. 2) на протяжении рассматриваемого периода также изменялись. Общая тенденция изменений у линий водорода и металлов различна — с течением времени интенсивность линий металлов увеличивалась, а линий водорода — уменьшалась.

Линии металлов использовались для исследования физических условий в оболочке методом кривых роста, по линиям водорода получе-

Таблица 3. Параметры оболочки

Параметр	1981 г.	1982 г.
Температура возбуждения, К	9000	8700
Ионизационная температура, К	8900	8600
Эффективная температура, К	9900	9600
Микротурбулентная скорость, км/с	16	16
Число атомов в столбе сечением 1 см^2 , $\lg N_Z$		
Ti	16.77	17.06
Sc	15.03	15.40
V	15.86	16.26
Cr	16.03	16.20
Содержание элементов $[Z/\text{Ti}]_{\odot}^{\text{CH}}$ относительно солнечно-го [4]		
Sc	+0.16	+0.24
V	-0.01	+0.10
Cr	-1.44	-1.56
Концентрация свободных электронов (по последней различимой бальмеровской линии), $\lg n_e$ (n_e , см^{-3})	12.65	12.65
Число атомов водорода во втором возбужденном состоянии в столбе сечением 1 см^2 , $\lg N_{0,2}$	15.76	15.76
$\lg(N_{0,2} n_e)$ (по линиям $\text{H}_{18}-\text{H}_{21}$)	28.58	28.55
$\lg n_e$ (n_e , см^{-3})	12.82	12.79
Концентрация атомов водорода во втором возбужденном состоянии, $\lg n_{0,2}$ ($n_{0,2}$, см^{-3})	6.82	6.85
Эффективная толщина области образования спектра, $\lg H$ (H , см)	8.94	8.91

ны оценки числа водородных атомов $N_{0,2}$ и концентрации свободных электронов n_e . В обоих случаях для 1982 г. взяты средние значения эквивалентных ширин по всем спектрограммам, полученным в течение года. Примененная нами методика подробно описана в работе [7], в которой также указаны источники сил осцилляторов и приведена кривая роста для Ti II. Результаты анализа спектра поглощения оболочки для 1981 и 1982 гг. приведены в табл. 3.

Прежде всего отметим, что в области оболочки, где возникает абсорбционный спектр, существенных изменений в 1982 г. по сравнению с 1981 г. не произошло. Несколько понизилась температура и увеличилось число атомов металлов, участвующих в формировании спектра. Существенное отличие отношения содержаний хрома и титана от солнечного можно объяснить сильной стратификацией в оболочке [7].

Сравнение с атмосферами нормальных звезд [1] показывает, что полученные нами для оболочки CH Лебеда значения $\lg n_e$ и $\lg H$ соответствуют атмосфере сверхгиганта A1 Ia, а значение эффективной температуры — спектральному классу B9.

1. Копылов И. М. Физические характеристики горячих звезд // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.— 1967.—36.— С. 134—154.
2. Родригес М. Г. Спектральные наблюдения CH Лебеда. I. Общее описание спектра. Голубой континуум в 1978—1982 гг. // Кинематика и физика небес. тел.— 1986.— 2, № 5.— С. 25—28.
3. Родригес М. Г. Спектральные наблюдения CH Лебеда. II. Эмиссионные линии в 1978—1982 гг. // Там же.— 2, № 6.— С. 77—82.
4. Engvold O. The solar chemical composition // Phys. scr.— 1977.—16.— P. 48—50.
5. Hack M., Rusconi L., Sedmak G. et al. Radial velocities of CH Cygni during the outburst started in 1977 // Astron. and Astrophys.— 1982.—113, N 2.— P. 250—260.
6. Moore Ch. E. A multiplet table of astrophysical interest, revised edition.— Princeton, New Jersey, 1945.— Part I.— 110 p.— Part II.— 96 p.
7. Rodriguez M. H. The shell spectrum of CH Cygni in 1981 // Astrophys. and Space Sci.— 1984.—102.— P. 123—129.